

**Mixing apparatus**

Patent Number: ☐ US4184772  
Publication date: 1980-01-22  
Inventor(s): MEYER PAUL (DE)  
Applicant(s):: FRENKEL AG C D (LU)  
Requested Patent: ☐ DE2731301  
Application Number: US19770814421 19770711  
Priority Number (s): GB19770027623 19770701; GB19760029328 19760714  
IPC Classification: B01F7/08 ; A21C1/06 ; B28C1/16 ; B28C7/16  
EC Classification: B29B7/42G, B29B7/42K, B29B7/42K2, B29C47/38C, B29C47/92B  
Equivalents: AU2702377, AU512327, CA1074780, ☐ CH630285, ☐ DD132051,  
☐ FR2358191, ☐ IT1079297, JP1185849C, ☐ JP53020171, JP58018139B



---

**Abstract**

---

This invention provides in a continuously operating device having a mixing section comprising opposite-handed helical threads in each of the two relatively rotatable components which threads vary in cross-sectional area in complementary fashion so as to produce a layer-by-layer material transfer and shear working between the said components, that the said opposite handed helical threads in said mixing section complement one another substantially also in respect to their helix-angles to the extent that if one helix angle is between 0 DEG and 45 DEG the other is between 45 DEG and 90 DEG , to bring about, viewed with respect to the shear-plane-area, a subdivision sufficient for the mixing and compounding requirement.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

51

Int. Cl. 2:

**B 01 F 7/24**

B 29 B 1/10

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES**



**PATENTAMT**

**OFFENLEGUNGSSCHRIFT**

**DE 27 31 301 A 1**

11

# **Offenlegungsschrift 27 31 301**

21

Aktenzeichen:

P 27 31 301 5

22

Anmeldetag:

11. 7. 77

43

Offenlegungstag

19. 1. 78

**AD**

30

Unionspriorität:

32 33 31

14. 7. 76 Großbritannien 29328-76

1. 7. 77 Großbritannien 27623-77

54

Bezeichnung:

Vorrichtung zum kontinuierlichen Mischen

71

Anmelder:

Frenkel C-D AG, Vaduz

74

Vertreter:

Deufel, P., Dipl.-Chem. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.rer.nat.;  
Schön, A., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Hertel, W., Dipl.-Phys.; Pat.-Anwälte,  
8000 München

72

Erfinder:

Meyer, Paul, 6200 Wiesbaden

**DE 27 31 301 A 1**

- 3 -

DR. WOLFGANG MÜLLER-BORÉ  
(PATENTANWALT VON 1927 - 1975)  
DR. PAUL DEUFEL, DIPL.-CHEM.  
DR. ALFRED SCHÖN, DIPL.-CHEM.  
WERNER HERTEL, DIPL.-PHYS.

11. Juli 1977

FRENKEL, C-D, Aktiengesellschaft  
Vaduz / Liechtenstein

---

Vorrichtung zum kontinuierlichen  
Mischen

---

Die Erfindung befaßt sich mit Vorrichtungen zur Bearbeitung und/oder Aufbereitung von fließfähigen Materialien, entweder allein oder versetzt mit Pulvern bzw. Pudern, Flüssigkeiten oder Gasen, wobei die fließfähigen Materialien eine hohe Viskosität haben können. Insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, befaßt sich die Erfindung mit viskoelastischen Materialien, wie beispielsweise Gummi bzw. Kautschuk.

Im einzelnen betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum kontinuierlichen Mischen der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung.

Es sind kontinuierliche Mischmaschinen vorgeschlagen worden, die einen Rotor und ein Gehäuse enthalten; dabei weist der

- 2 -

709883/0941

Rotor einen äußeren Schneckengang und das Gehäuse einen inneren Schneckengang auf, der gegenläufig zu dem Schneckengang des Rotors sowie koaxial zu diesem ist; die Schneckengänge bilden Mischzonen, in denen sich der Schneckengang in einem Bauteil (beispielsweise dem Rotor) auf eine gegebene axiale Länge von der vollen Querschnittsfläche auf die Querschnittsfläche Null ändert, während sich der Schneckengang in dem anderen Bauteil (beispielsweise dem Gehäuse) von der Querschnittsfläche Null auf die volle Querschnittsfläche ändert, und umgekehrt. Beim Betrieb einer solchen Mischvorrichtung wird das in einem Bauteil am Einlaß dieses Mischbereiches oder dieser Mischstufe zu transportierende Material schichtweise von dem einen Bauteil (dem "Geber") zu dem anderen Bauteil (dem "Nehmer") transferiert bzw. überführt, in den das gesamte Material dann gebracht worden ist, wenn es das Ende dieses Mischabschnittes erreicht; dadurch wird dieses Material schichtweise während dieser Überführung gemäß den Bedingungen der Relativbewegung zwischen den beiden Bauteilen gemischt und bearbeitet.

Für zwei nebeneinander angeordnete Mischabschnitte ändern sich die Rollen des "Gebers" und "Nehmers" für denselben Bauteil. Beispielsweise ist ein Rotor, der mit einem Beschickungsabschnitt, wie ein normaler Extruder, in einem Gehäuse mit zylindrischem Querschnitt beginnt, in einem ersten Mischabschnitt der "Geber" für den "Nehmer"-Schneckengang in dem Gehäuse, während in einem zweiten Mischabschnitt der "Geber"-Schneckengang der Schneckengang in dem Gehäuse ist, während sich der "Nehmer"-Schneckengang an dem Rotor befindet. Auf diese Weise läßt sich also eine Vorrichtung mit zwei "Scherebenen" (eine in jedem Mischabschnitt) beschreiben, durch welche die Massenströmung nacheinander bei ihrem Durchgang durch die Vorrichtung bearbeitet wird, bevor sie die Vorrichtung durch einen Extrusionskopf oder eine andere Auslaßeinheit verläßt.

Wenn die Schneckengänge in den "Geber"- und "Nehmer"-Ab-

schnitten gegenläufig ausgelegt sind (beispielsweise ein linksgängiger bzw. linksläufiger Schneckengang in einem Teil und ein rechtsläufiger bzw. rechtsgängiger Schneckengang in dem anderen Teil), so führt die relative Drehung zwischen dem Rotor und dem Gehäuse zu einem Transport in Vorwärtsrichtung in den beiden schraubenlinienförmigen Kanälen, während gleichzeitig aufgrund der oben erläuterten Scherbearbeitung das Material transportiert wird. Damit kann also jeder Mischabschnitt als "Doppelschrauben- bzw. Doppelschnecken-Extruder" betrachtet werden, in dem der äußere (Gehäuse) Schneckengang um den inneren (Rotor) Schneckengang gewickelt ist, wobei die beiden Schneckengänge durch das Material zusammenwirken, das über die (imaginäre), zwischen ihnen befindliche, zylindrische oder konische "Scherebene" transferiert wird.

Dieses Merkmal stellt einen wesentlichen Unterschied dieses Systems im Vergleich mit einem Extruder-Mischsystem mit einem Rotor mit schraubenlinienförmigen Kanälen dar, die sich in einem zylindrischen Gehäuse drehen. Bei allen diesen Systemen kann eine Mischung und eine Scherbearbeitung nur dadurch hervorgerufen werden, daß Spalte in die Schrauben- bzw. Schneckengänge eingeführt und/oder örtlich die Leckströmung, beispielsweise über jeden zweiten Steg eines Schneckengangs, erhöht werden. Dadurch ergibt sich eine Mischung und Scherbearbeitung nur in relativ schmalen Zonen mit hoher Intensität; darüberhinaus läuft diese Mischung auf Kosten der Strömungskomponente in Vorwärtsrichtung ab. Um also ein bestimmtes Ergebnis mit einer gewissen Gleichmäßigkeit zu erreichen, sind für diese "Rückströmungs"-Systeme hohe Verhältnisse Länge/Durchmesser erforderlich; außerdem ist die Anwendung dieser Systeme im allgemeinen sehr begrenzt, da die Gefahr von Überhitzungen, von örtlichen heißen Stellen und ähnlichen nachteiligen Effekten besteht, die sich trotz hochentwickelter Temperatursteuerungen nicht vermeiden lassen.

Das oben erwähnte Merkmal des Systems ist auch ein wesentlicher Unterschied zu den sogenannten Doppelschneckenextrudern. Im wesentlichen weisen diese Systeme schraubenlinienförmige bzw. schneckenförmige Rotoren auf parallelen Mittellinien in einem Gehäuse mit einem Querschnitt auf, welcher der Zahl 8 entspricht; die Rotoren wirken zusammen, um an der Schmalstelle dieses Doppelgehäuses die Scherkräfte und/oder die Materialübertragung und/oder eine verstärkte Förderung in Vorwärtsrichtung zu erzeugen. In Abhängigkeit davon, ob diese Schnecken tatsächlich miteinander in Eingriff sind, ergibt sich bei diesen Systemen eine sehr starke Förderung in Vorwärtsrichtung. Soll jedoch ein bestimmtes Gesamtergebnis mit einer gewünschten Homogenität bzw. Gleichmäßigkeit erreicht werden, so ist wegen des örtlichen Ablaufs der Misch- oder Scherwirkung ein relativ hohes Verhältnis Länge/Durchmesser erforderlich; außerdem sind solche Doppelschneckensysteme im Vergleich mit Systemen mit einem einzigen Rotor mechanisch äußerst komplex und damit aufwendig und kompliziert.

Obwohl also Vorrichtungen gemäß dem oben beschriebenen System aufgrund ihrer Konstruktion den anderen erläuterten Systemen überlegen sind, haben sich bei ihrer Anwendung für verschiedene Aufgabenstellungen bestimmte Nachteile ergeben. Diese Nachteile sollen im folgenden unter Bezugnahme auf die Bearbeitung oder Aufbereitung und Extrusion von Gummimischungen beschrieben werden; analoge Mängel ergeben sich jedoch auch bei anderen Anwendungen, beispielsweise der Aufbereitung und Extrusion von Kunststoffmaterialien, ähnlichen Arbeitsgängen in der Verfahrenstechnik ganz allgemein und insbesondere bei den sogenannten "Erdindustrien". Außerdem sind diese Effekte nicht auf die schwereren, stärker viskosen Materialien beschränkt, obwohl bei fließfähigeren Materialien sich diese Nachteile nicht so leicht bemerkbar machen; in diesen Fällen müssen diese Mängel eher als Verbesserungen betrachtet werden, die bisher nicht realisiert werden konnten.

Kontinuierliche Gummimischer oder Mischer-Extruder gemäß dem beschriebenen System werden entweder kalt oder warm beschickt; bei der Kaltbeschickung ist das zugeführte Material sehr steif, praktisch ein Festkörper; bei der Warmbeschickung ist das zugeführte Material hoch viskos, obwohl es üblicherweise in Bezug auf Zusammensetzung und Viskosität nicht homogen ist. In beiden Fällen läßt sich das zugeführte Material praktisch nicht zusammendrücken und "fließt" nicht, so daß in einem Mischabschnitt die beiden Maschinenbauteile keine Kompressionskräfte ausüben dürfen, die zu einer übermäßigen Erwärmung ohne eine entsprechende Scherbearbeitung oder Mischwirkung führen würden; denn dadurch würde die Maschine eine der Funktionsweisen erhalten, wie sie gerade oben als Unterschied zu der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung herausgestellt worden ist. Deshalb haben die Schraubengänge in dem Rotor und dem Gehäuse im allgemeinen den gleichen Schnecken- bzw. Schrägungswinkel; außerdem weisen sie die gleiche Zahl von schraubenlinienförmigen Kanälen parallel in jedem Abschnitt auf. Üblicherweise beginnt ein Rotor beispielsweise einen Einzelgang (einen einzigen, durch einen Schneckengang definierten Kanal) in dem Beschickungsabschnitt; während der Querschnitt und/oder der Schraubenwinkel des Rotors abnimmt, um das zugeführte Material in Bezug auf möglicherweise mitgerissene Luft zusammenzudrücken, hält er den Schneckenwinkel in dem ersten Mischabschnitt im wesentlichen bis zu dem Punkt, an dem dieser schraubenlinienförmige Kanal verschwindet, auf dem gleichen Wert. In dem Gehäuse könnten zwei oder vier parallele Schneckengänge (Zwei- oder Vier-Gang-Schnecken) angeordnet sein; diese Schneckengänge würden wiederum praktisch den gleichen Schneckenwinkel über den gesamten ersten und zweiten Mischabschnitt beibehalten. In dem zweiten Mischabschnitt könnte der Rotor als Zwei- oder Viergang-Schnecke in Abhängigkeit von dem Anwendungsfall, jedoch immer auf dem gleichen Schneckenwinkel zwischen 30 und 40°, beginnen. Aus geometrischen Gründen begrenzt ein solcher Schneckenwinkel die Zahl

von Gängen der "anwendbaren" Querschnittsform auf ein Maximum von 8.

In Bezug auf die "anwendbare" Querschnittsform hat die Erfahrung gezeigt, daß in der ersten Mischsektion die Breite des schraubenlinienförmigen Kanals, insbesondere in dem "Nehmer"-Bauteil, nicht ein bestimmtes Maximum übersteigen sollte, damit kalte oder weniger gemischte und stärker viskose Klumpen vermieden werden können, die sich sogar mit sehr viel mehr als einem folgenden Mischabschnitt nicht mehr beseitigen lassen, wenn sie einmal entstanden sind.

Geometrische Überlegungen für die Benutzung von Kanälen bestimmter Breite mit gleichen Schraubenwinkeln sowohl in dem "Geber" als auch in dem "Nehmer" haben gezeigt, daß die Zahl von schraubenlinienförmigen, parallelen Kanälen (die Zahl der Gänge einer Schraube) für jeden solchen Winkel begrenzt ist. Die Zahl der Gänge bzw. Anschnitte wird jedoch umso größer, je größer der Schneckenwinkel ist, d.h., je mehr er sich einem Winkel von 90° nähert, wenn es sich um mehrere parallele Keilwellennuten bzw. Schiebekeile bzw. Nutenwellen in dem Rotor oder dem Gehäuse handelt.

Eine zusätzliche Anforderung ist, daß das Verhältnis Tiefe/Breite eines jeden Kanals für die Bedingungen des Transportes in Vorwärtsrichtung nicht zu groß werden darf, damit das durch Scherbearbeitung an der "Scherebene" überführte Material in jedem Kanal gehalten werden kann.

Aufgrund der obigen Bedingungen hat sich in der Praxis folgendes gezeigt:

- A. Die Mischung/Bearbeitung bzw. Aufbereitung oder die Anforderungen an kompliziertere Kaltbeschickungs-Extrusionen, wie beispielsweise die Extrusion von zähen bzw. harten bzw. festen Massen oder die Abschlußmischung und die Extrusion in einem Arbeitsgang auf Vorrichtungen mit kleinerem Durchmesser, führten zwangsläufig zu einer

709883/0941



größeren Zahl von Mischabschnitten, so daß sich die Vorteile des System im Vergleich mit den oben beschriebenen Systemen wesentlich verringerten;

B. es ist schwierig, Mischer-Extruder, insbesondere Kaltbeschickte Vorrichtungen, maßstabsgerecht geometrisch zu vergrößern, während gleichzeitig die Leistungen beibehalten werden, die sich mit Maschinen mit kleinerem Durchmesser erreichen lassen; auch dadurch geht wieder ein Hauptvorteil des beschriebenen Systems im Vergleich mit den erläuterten Systemen verloren.

Es ist deshalb ein Ziel der vorliegenden Erfindung, die oben erwähnten Nachteile, beispielsweise für kaltbeschickte Mischer-Extruder für Gummi, zu vermeiden, um bei hoher Qualität des Extrudates mit einer Vorrichtung mit einem kleinen Verhältnis Länge/Durchmesser, wie es bei einer Konstruktion mit zwei Scherebenen gegeben ist, hohe Durchsatzeinheiten in Bezug auf den Schneckendurchmesser zu erreichen.

Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, bei Mischern-Extrudern des beschriebenen Typs die Betriebsvorteile bei niedrigen Verhältnissen Länge/Durchmesser zu realisieren, wie beispielsweise eine geringe Temperaturschwelle des mechanisch bearbeiteten Materials mit dem Erreichen der gewünschten hohen Gleichmäßigkeit sogar gegen geringen oder gar keinen Austrittswiderstand, wodurch eine etwa notwendige, größere bzw. stärkere spezifische Bearbeitungseingabe durch einfache Drosseleinrichtungen erreicht werden kann, um einen gewünschten Energieeingabewert von unten ohne Verlust der Gleichmäßigkeit, ohne Gefahr einer Überhitzung und ohne Bedarf an zu starke Kühlung und komplexe Temperatursteuerung zu erzielen.

Weiterhin soll es mit der vorliegenden Erfindung möglich sein, sich dem adiabatischen Betrieb für jede erforderliche "Bearbeitung" zu nähern, damit die Vorrichtungen mit höheren Drehzahlen laufen können und sich dadurch Größe für Größe

höhere spezifische Durchsätze erreichen lassen; außerdem soll der mechanische Aufbau einer solchen Vorrichtung vereinfacht und damit die Kosten in Bezug auf mechanische Untersetzungsgetriebe und Heiz- oder Kühleinrichtungen gesenkt werden.

Und es ist schließlich ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine im wesentlichen geometrische Maßstabsvergrößerung dieser Vorrichtungen in Bezug auf ihre wesentlichen Abmessungen, wie beispielsweise Länge mit Durchmesser (konstantes Verhältnis Länge/Durchmesser) ohne Verlust der wünschenswerten Eigenschaften mit zunehmender Größe zu erreichen.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird in einer kontinuierlich arbeitenden Vorrichtung ein Mischabschnitt verwendet, der gegenläufige Schneckengänge in jedem der beiden relativ zueinander drehbaren Bauteile aufweist, wobei sich die Querschnittsflächen der Schneckengänge in komplementärer Weise ändern, um eine schichtweise Materialüberführung und Scherbearbeitung zwischen den beiden Bauteilen zu erzeugen; die beiden gegenläufigen Schneckengänge in dem Mischabschnitt entsprechen einander im wesentlichen auch in Bezug auf ihre Schneckenwinkel soweit, daß der andere Winkel zwischen  $45^\circ$  und  $90^\circ$  liegt, wenn der erste Schneckenwinkel zwischen  $0$  und  $45^\circ$  liegt, um, unter Berücksichtigung der Scherebenenfläche betrachtet, eine Unterteilung herbeizuführen, die für die Anforderungen an die Mischung und Verarbeitung bzw. Aufbereitung ausreicht.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat der Nehmer-Bauteil für den Fall eines Mischabschnittes, bei dem der Geber-Bauteil einen Schneckengang mit einem Schneckenwinkel  $\alpha < 45^\circ$  hat, im wesentlichen den komplementären Schneckenwinkel  $(90^\circ - \alpha)$ . Da der Transport des Materials in einem schraubenlinienförmigen Kanal, soweit er durch den Schneckenwinkel beeinflusst wird, proportional zu dem Produkt  $(\sin \alpha \times \cos \alpha)$  ist, wird der Transportfaktor gleich für die beiden Bauteile, während die Zahl der Gänge in dem Nehmer größer sein kann als

die in dem Geber.

Wird beispielsweise als "Geber" ein Rotor mit einem Schneckenwinkel von  $32^{\circ} 30 \text{ min.}$  und eingängiger Konstruktion verwendet, dem ein Beschickungsabschnitt folgt, so könnte ein "Nehmer"-Gehäuse mit dem gleichen Schneckenwinkel ein Maximum von acht Gängen haben. Bei einem komplementären Schneckenwinkel von  $57^{\circ} 30 \text{ min}$  kann er jedoch ein Maximum von weit über 30 Gängen haben, wobei er bis zu der gleichen effektiven Querschnittsfläche wie der "Geber" hinaufgeht, um keine zu starke Kompression hervorzurufen.

Bei der maßstabsgerechten Vergrößerung gemäß den Vorschlägen der vorliegenden Erfindung müssen die tatsächlichen Abmessungen der Querschnittsnuten einer kleineren Vorrichtung nicht zwangsläufig exakt bei einer größeren Vorrichtung reproduziert werden. Zum Beispiel nimmt bei den Bedingungen für die maßstabsgerechte Vergrößerung, die für Gummimaschinen gelten, d.h., daß für alle Größen die Umfangsgeschwindigkeit der Rotoren gleich ist, was bedeutet, daß die Drehzahl proportional zu dem Rotordurchmesser verringert werden muß, die Verweilzeit mit der Größe der Vorrichtung zu. Wenn also beispielsweise eine Vorrichtung mit einem Durchmesser von 120 mm ein Gehäuse mit zu Beginn 20 Gängen hätte, so müßte eine Vorrichtung mit einem Durchmesser von 250 mm, also näherungsweise dem doppelten Durchmesser, nicht notwendigerweise zu Beginn 40 Gänge haben, sondern es könnten beispielsweise auch 32 Gänge für die Anwendung bei der Plastifizierung ausreichen.

Es könnte sich auch beim Gebrauch der Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung herausstellen, daß sich die Vergrößerungsfaktoren beispielsweise für Gummimaschinen ändern, vielleicht in die Richtung von größeren Einheitsdurchsätzen, d.h., zu einer etwas höheren Potenz als dem Quadrat des Durchmessers, wie es zur Zeit, jedoch mit fallenden Normen für die Qualität bei den herkömmlichen Vorrichtungen, der Fall ist.

Die hier vorgebrachten Vorschläge können die notwendigen Unterteilungen für die Aufrechterhaltung der Qualität mit zunehmendem Durchmesser jedoch für Vorrichtungen mit unterschiedlichen Vergrößerungsfaktoren real möglich machen, beispielsweise für einen Rotor mit konstanter Winkelgeschwindigkeit, der eine Durchsatzrate liefert, die mit der dritten Potenz des Durchmessers zunimmt, wie es bei weniger viskosen Materialien der Fall ist. In jedem Fall sind die Vorschläge der vorliegenden Erfindung erforderlich, damit das Potential der kontinuierlichen Mischer des oben beschriebenen Typs noch näher erreicht werden kann, und zwar sowohl in Bezug auf Mischaufgaben mit größerem Schwierigkeitsgrad für Vorrichtungen mit kleinerem Durchmesser als auch in Bezug auf einen gewissen Leistungsstandard bei einer Reihe von maßstabsgerechten Vergrößerungen der geometrisch ähnlichen, wesentlichen Abmessungen.

Was die Drosseleinrichtungen betrifft, so können herkömmliche Typen, wie beispielsweise Unterbrecherplatten oder Sieb- bzw. Schirmpackungen, für die stufenweise Einstellung des Strömungswiderstandes oder kontinuierlich einstellbare Nadelventileinrichtungen verwendet werden, die mit einer axialen Relativbewegung für die Regulierung arbeiten. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird jedoch ein einstellbarer Drosselflansch vorgeschlagen, bei dem einer oder mehrere Strömungsbegrenzer in radialer Richtung eingeführt werden, um auch während des Betriebs eine kontinuierliche Einstellung zu erreichen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden, schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht des Rotors eines herkömm-

lichen Kaltbeschickungs-Extruders mit zwei Scherebenen, der in Verbindung mit den in den Figuren 5 bis 8 gezeigten Gehäuseschnitten verwendet wird, wobei sich ein Schneckenkanal in der ersten und die beiden Schneckenkanäle in der zweiten Scherebene befinden;

Fig. 2 einen ähnlichen Rotor gemäß einer einfachen Ausführungsform der Erfindung, wobei eine allmähliche Änderung zu zwei Schneckenkanälen in der ersten Scherebene verwendet wird;

Fig. 3 einen ähnlichen Rotor einer alternativen Änderung auf vier Schneckenkanäle in der ersten Scherebene und vier Kanäle in der zweiten Scherebene;

Fig. 4 einen ähnlichen Rotor, der in der ersten Scherebene eine Änderung von einem auf acht Schneckenkanäle gemäß dieser Erfindung zeigt;

Fig. 5 einen longitudinalen Schnitt durch eine Gehäusebuchse, welche die erste und zweite Scherebene eines herkömmlichen, kontinuierlichen Mischers definiert, wobei ein dreigängiger Schneckenkanal auf im wesentlichen dem gleichen Schneckenwinkel wie bei dem Rotor dargestellt ist;

Fig. 6 einen longitudinalen Schnitt durch eine Gehäusebuchse mit acht Gängen, d.h., der maximalen Zahl von parallelen Schneckenkanälen, die auf dem gleichen Schneckenwinkel wie bei Fig. 5 ohne eine zu große maximale Tiefe des Kanals relativ zu seiner Breite aufgenommen werden können;

Fig. 7 einen longitudinalen Schnitt durch eine Ge-

häusebuchse, wobei gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt ist, wie die Verwendung des komplementären Schneckenwinkels 12 parallele Gänge oder Schnecken mit niedrigem Verhältnis Tiefe/Breite des Kanalschnittes ermöglicht;

Fig. 8 einen longitudinalen Schnitt durch eine Gehäusebuchse, die gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt, wie die Verwendung des komplementären Schneckenwinkels 20 parallele Gänge oder Schnecken ohne ein zu großes maximales Verhältnis Tiefe/Breite des Kanalschnittes ermöglicht;

Fig. 9 und 10 vergrößerte Schnitte der maximalen Nutenquerschnitte in dem Gehäuse in der Zeichnungsebene bzw. im rechten Winkel zu der Achse der Nut;

Fig. 11A und 11B die einfachste Version eines kontinuierlich einstellbaren Drosselflansches mit einem radial beweglichen Begrenzer; und

Fig. 12A und 12B eine Version eines kontinuierlich einstellbaren Drosselflansches mit vier radial beweglichen Begrenzern.

Wie sich aus Fig. 1 ergibt, weist ein Hauptteil 1 des Rotors einen Eintrittsabschnitt, einen Kompressionsabschnitt 3 in einem zylindrischen Gehäusebereich (nicht dargestellt), einen ersten Scherebenenabschnitt 4 und einen zweiten Scherebenenabschnitt 5 auf, der irgendeinem der in den Figuren 5 bis 8 gezeigten Querschnitte von Gehäusen mit zwei Scherebenen angepaßt werden kann; außerdem ist noch ein herkömmlicher Auslaßabschnitt 6 in einem zylindrischen Gehäuse (nicht dargestellt) vorgesehen.

Durch die Abschnitte 2 bis 4 erstreckt sich die eine Schnecke

7, die einen einzigen schraubenlinienförmigen Kanal 8 bildet, dessen Querschnittsfläche sich in der ersten Scherebene 4 auf Null verringert. Die Scherebene 4 hat auch eine konische Umhüllungsoberfläche. In der zweiten Scherebene 5 und dem Auslaßabschnitt befinden sich zwei Schnecken 9, welche die Schraubenlinien bzw. spiralförmigen Kanäle 10 dieser Abschnitte bilden, die von dem Querschnitt Null am Beginn der zweiten Scherebene ausgehen.

In Fig. 2 bezeichnen gleiche Bezugszeichen die gleichen Teile wie in Fig. 1; außerdem ist zusätzlich in dem ersten Scherebenenabschnitt 4 eine zweite Schnecke 11 vorgesehen. Diese Schnecke steigt allmählich von dem Boden des einzigen, schraubenlinienförmigen Kanals 8 an, um anschließend die beiden schraubenlinienförmigen Kanäle 12 zu bilden.

Gemäß der vorliegenden Erfindung beginnt dieser zusätzliche Schneckensteg seinen Anstieg in dem ersten Scherebenenabschnitt 4 und läuft einige Zeit bzw. eine bestimmte Strecke als Teilschnecke weiter, bevor er eine äquivalente Größe und Form zu der ursprünglichen Schnecke 7 annimmt.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 3 bezeichnen ähnliche Bezugszeichen die gleichen Teile wie in Fig. 1; dabei sind drei Teilschnecken 13 vorgesehen, die von dem Boden des ursprünglichen, einzigen Kanals 8 in dem ersten Scherebenenabschnitt 4 ansteigen. Die Form dieser Schnecken ändert sich allmählich so, daß sie vier schraubenlinienförmigen Kanäle 14 für den letzten Teil der Scherebene 4 bilden.

In der zweiten Scherebene 5 sind zusätzlich zu den beiden ursprünglichen Schnecken 9 zwei Schnecken 15 vorgesehen, die zusammen vier schraubenlinienförmige Kanäle 16 bilden. Da alle diese Schnecken bzw. Kanäle von Null an beginnen, ist die Entwicklung der Schnecken 9 und 15 ganz symmetrisch, wie es selbstverständlich auch für die Entwicklung der vier schraubenlinien-

förmigen Kanäle 16 gilt.

An dem Ende der zweiten Scherebene 5 enden die beiden Stege 15 relativ abrupt, und der Auslaßabschnitt 6 hat nur zwei schraubenlinienförmige Kanäle 10.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 4 bezeichnen ebenfalls gleiche Bezugszeichen die gleichen Teile wie in Fig. 1; dabei sind sieben zusätzliche Schrauben vorgesehen, die in der ersten Scherebene 5 ansteigen, um acht schraubenlinienförmige Kanäle 18 zu definieren.

Fig. 4 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform, mit der die Unterteilungen des ursprünglichen einen Kanals 8 in die acht schraubenlinienförmigen Kanäle 18 erreicht werden können. Die erste zusätzliche Schnecke 17 beginnt in der Nähe der vorderen Kante der Schnecke 7 kurz nach dem Beginn der ersten Scherebene 4; kurz danach folgt die zweite Schnecke 17, und so weiter. Dadurch wird die Materialströmung, die vor der vorderen Kante der Schnecke 7 zusammengedrückt wird, während sie an der hinteren Kante der Schnecke 7 locker bzw. lose und klumpig bzw. in Stückform sein kann, in komprimierter Form über den Kanal 8 verteilt sowie gebläseradartig angetrieben, um zu den schraubenlinienförmigen Kanälen in dem Stator überführt zu werden.

In der zweiten Scherebene 5 bilden die acht Schnecken 19 die acht schraubenlinienförmigen Kanäle 20 auf symmetrische Weise und reduzieren sich dann ziemlich abrupt auf die beiden Schnecken 9 für den Auslaßabschnitt 6.

In Fig. 5 ist die Scherebenenengehäusebuchse 31 als Mischteil des Extrudergehäuses dargestellt, dessen zylindrische Abschnitte bzw. Schnitte, die dem Einlaßabschnitt 2, dem Kompressionsabschnitt 3 und dem Auslaßabschnitt 6 des Rotors (siehe Fig. 1) entsprechen, nicht dargestellt sind. Drei schraubenlinienförmige



Schnecken 32 bilden einen dreigängigen schraubenlinienförmigen Kanal 33 mit einem Verhältnis Breite/Tiefe, das sehr viel größer als eins ist, mit einer Querschnittsform, die sehr gut für den Transport von Gummi bzw. Kautschuk geeignet ist; dabei wird ein Schneckenwinkel von näherungsweise  $32^{\circ} 30'$  verwendet. Dies entspricht der herkömmlichen Konstruktion, bei welcher der Rotor einen ähnlichen Schneckenwinkel hat.

In Fig. 6 bezeichnen gleiche Bezugszeichen die gleichen Teile wie in Fig. 5; dabei sind acht Schnecken 34 vorgesehen, die einen achtgängigen schraubenlinienförmigen Kanal 35 noch mit dem gleichen Schneckenwinkel von  $32^{\circ} 30'$  bilden. Es läßt sich erkennen, daß nicht mehr als acht Kanäle parallel aufgenommen werden können, während gleichzeitig die gleiche Querschnittsfläche wie in Fig. 5 verwendet wird, falls nicht das Verhältnis Breite/Tiefe des maximalen Kanalquerschnittes (in der Zeichnungsebene betrachtet) unter eins verringert wird.

In Fig. 7 bezeichnen gleiche Bezugszeichen die gleichen Teile wie in Fig. 5; dabei bilden zwölf Schnecken 36, die jedoch nun auf einem komplementären Schneckenwinkel  $90^{\circ} - 32^{\circ} 30'$ , d.h.,  $57^{\circ} 30'$ , liegen, eine zwölfgängige schraubenförmige Kanalstruktur 37 gemäß dieser Erfindung, wenn sie zusammen mit einem der Rotoren nach den Figuren 1 bis 4 verwendet werden. Es läßt sich erkennen, daß der neue, komplementäre Schneckenwinkel es möglich macht, analog zu der Ausführungsform nach Fig. 5 ein großes Verhältnis Breite/Tiefe für den maximalen Querschnitt der Kanäle zu verwenden.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 8 bezeichnen gleiche Bezugszeichen die gleichen Teile wie in Fig. 5; dabei bilden 20 Schnecken 38 auf dem Schneckenwinkel  $57^{\circ} 30'$  eine 20-gängige schraubenlinienförmige Kanalstruktur 39. Das Verhältnis Breite/Tiefe des maximalen Querschnittes ist ähnlich wie bei der Ausführungsform nach Fig. 6 näherungsweise 1, während wegen des komplementären Schneckenwinkels die Zahl der Schnecken

und damit Kanäle um das 2,5-fache erhöht wird.

Aus fertigungstechnischen Gründen, wobei es keine Rolle spielt, ob die Fertigung durch Gießen oder durch maschinelle bzw. spanabhebende Bearbeitung erfolgt, sollte die Zahl der Gänge durch vier teilbar sein, d.h., der zu der Mittellinie senkrechte Schnitt sollte symmetrisch um zwei rechtwinklige Achsen sein. Eine solche Ausgestaltung wird für zweckmäßig und gegebenenfalls sogar unbedingt erforderlich gehalten.

Für den Rotor nach Fig. 1 und die Statorgehäuse nach den Fig. 5 bis 8 ergibt sich, daß die Merkmale der vorliegenden Erfindung erforderlich sind, um eine Dichte der Schnecken-"Kreuzungen" bzw. -"Schneidpunkte" pro Einheitsfläche der Scherebenenoberfläche zu erreichen, die größer ist als die Kombination des achtgängigen Gehäuses mit den verschiedenen Rotoren, wenn die Schneckenwinkel für Rotor und Gehäuse näherungsweise gleich sind.

Es muß betont werden, daß mit dieser größeren Dichte der Schnecken-"Schneidpunkte" und dadurch der Unterteilung der Ströme ein sehr wesentlicher Fortschritt in Bezug auf die Schwierigkeit der Mischaufgabenerreicht wird, die durchgeführt werden können. So ist es beispielsweise ohne die Verwendung der Merkmale nach der vorliegenden Erfindung ganz unmöglich, die letzte Mischung plus die Extrusion der Kautschukmasse in der Form von nutzbaren Reifenlaufflächen in einem Durchgang zu erreichen, wenn man mit Kugeln bzw. Pellets aus einer Ruß-Grundmischung beginnt, die vorher mit vulkanisierenden Chemikalien in Pulverform vermischt oder vordosiert worden sind. Das gleiche gilt für die Mischung/Aufbereitung von pulverförmigem Kautschuk bzw. Gummi mit Ruß, Füllern bzw. Streckmitteln und vulkanisierenden Chemikalien in einem Durchgang. Diese Feststellungen beziehen sich auf das Erreichen eines qualitativ hochwertigen Resultates auf einer Vorrichtung vorgegebener Größe mit einem Durchsatz, der für diese Größe charakteristisch ist, im Gegensatz zu Resultaten

mit untypisch kleinen Ausgabeleistungen, die auf Maschinen mit kleinem Durchmesser mit verschiedenen herkömmlichen Mischern/Extrudern im wesentlichen mit zylindrischen Gehäusen erreicht werden können; denn es ist praktisch unmöglich, solche Vorrichtungen in wesentlich größerem Maßstab zu "kopieren".

In Fig. 11 ist ein Flansch 50 in einer Schnittansicht (Fig. 11A) und in einer seitlichen Schnittansicht (Fig. 11B) dargestellt. Dieser Flansch 50 soll an dem Ende des Gehäuses installiert werden, d.h., zwischen dem Auslaßflansch des Gehäuses, der bündig mit dem Ende des Rotors enden kann, und dem Extrusionskopf, der Schneideinrichtung oder einer anderen Auslaßvorrichtung.

Der Einlaßabschnitt 51 des Absperrorgans bzw. des Ventils weist eine parallele, zylindrische Bohrung mit einem kleineren Durchmesser als die Auslaßbohrung des Gehäuses auf, wodurch eine feste Begrenzung bzw. Verengung erreicht wird, die sich auf ungefähr 60% des Auslaßquerschnittes des Gehäuses beläuft. Der Endabschnitt 52 des Drosselflansches hat eine konische Bohrung, die den Enddurchmesser des Drosselflansches gleich dem des Gehäuses macht; dadurch wird eine gewisse Kontinuität mit einem Extrusionskopf erreicht, dem das Gehäuse direkt angepaßt wird.

Das Begrenzungs- bzw. Drosselelement 53 kann in seiner einfachsten Form eine Schraube mit relativ feinem Gewinde 54 sein, so daß sich unter Druck eine Abdichtung gegen den Kautschuk ergibt; wenn die Schraube beispielsweise aus Stahl hergestellt wird, würde sie beispielsweise in einer Messinghülse (nicht dargestellt) montiert, um eine Bindung zu vermeiden. Sowohl das Drosselelement 53 als auch der Flansch 50 können mit Bohrungen bzw. Nuten versehen sein, so daß ein Heiz-/Kühl-Medium auf herkömmlichen Weise in Umlauf durch diese Teile geführt werden kann.

Das Drosselelement 53 hat ein kugelförmiges Ende 55 mit dem gleichen Radius wie die Bohrung des Eintrittsabschnittes 51

7098837 094 1

des Drosselventils, so daß sich eine enge Passung ergibt, wenn das Drosselement vollständig eingeführt worden ist. In diesem Fall wird die Strömung des Mediums auf zwei symmetrisch angeordnete Segmente 56 des Strömungsquerschnittes begrenzt. Für einen Kaltbeschickungs-Kautschukextruder kann die kombinierte Fläche dieser Segmente weniger als 5% der Querschnittsfläche der Austrittsbohrung des Gehäuses betragen, wobei sich immer noch eine befriedigende Laufflächenextrusion ergibt, die fünfmal so groß wie die Breite der Bohrung des Gehäuses ist, wie Versuche gezeigt haben.

Bei der Ausführungsform nach den Figuren 12A und 12B weist der Drosselflansch 60 eine geradlinige, durchgehende Bohrung 61 mit dem gleichen Durchmesser wie die Auslaßbohrung des Gehäuses auf.

Vier Begrenzungs- bzw. Drosselemente 62 sind symmetrisch auf radialen Achsen angeordnet; jedes Drosselement 62 hat eine konische Spitze 63. Die durchgezogenen Linien zeigen die Drosselemente in der vollständig eingeführten Stellung, während die gestrichelten Linien die Drosselemente in der vollständig zurückgezogenen Stellung zeigen. In dem zuletzt erwähnten Fall hat die maximale Öffnung dann Kreuzform, die an den äußeren Enden durch Keile 64 begrenzt ist, die in den kleinen Segmenten angebracht sind, die durch die zylindrischen Teile der Drosselemente definiert werden, wenn diese vollständig eingeführt worden sind. Obwohl diese Keile nicht unbedingt erforderlich sind, handelt es sich um eine bevorzugte Ausführungsform, weil sich die beste bzw. meiste Steuerung dann durchführen läßt, wenn die Drosselemente ziemlich weit eingeführt worden sind, so daß in dem anderen Fall die vier offenen Segmente eine zu große Querschnittsfläche für die Strömung freilassen.

Damit eine vorher bestimmte Strömungsmenge über die gesamte Bohrung verteilt werden kann, können halbkreisförmige oder

anders geformte Nuten 65 in den konischen Enden der Drossel-  
elemente vorgesehen sein, so daß diese im geschlossenen Zu-  
stand die Wirkung einer Unterbrecherplatte erzeugen.

Im Vergleich mit der Ausführungsform nach Fig. 11, bei der  
nur ein einziges Drosselement verwendet wird, ist bei die-  
ser Ausführungsform nach Fig. 12, bei der vier Drosselele-  
mente vorgesehen sind, eine sehr viel kleinere radiale Be-  
wegung der Drosselemente zwischen der offenen und der ge-  
schlossenen Stellung erforderlich. Da bei der Einstellung,  
nach einer bevorzugten Ausführungsform während des Betriebs,  
das Drosselement in einen Kautschukstrom unter Druck ein-  
dringen muß, können große Kräfte auftreten. Deshalb wird aus  
mechanischen Gründen eine Schraube mit einer relativ feinen  
Steigung ausgewählt, damit eine große Zahl von Drehungen und  
damit eine längere Zeitspanne erforderlich ist, um bei der  
Ausführungsform mit einem einzigen Drosselement eine äquiva-  
lente Wirkung wie bei der Ausführungsform mit vier Drossel-  
elementen zu erzeugen.

Dabei gilt die folgende Beziehung: Je mehr Drosselemente  
eingebaut werden, umso schneller läßt sich die Vorrichtung  
einstellen und umso gleichmäßiger sind die Öffnungen für die  
gedrosselte Strömung über den Strömungsquerschnitt verteilt,  
wodurch sich eine bessere Strömung in dem Extrusionskopf  
ergibt.

Die Drosselwirkung zur Erzielung eines höheren spezifischen  
Bearbeitungsgrades an einem Medium kann umso wirkungsvoller  
ablaufen, je mehr die Strömung in dem vorhergehenden Misch-  
abschnitt oder den Abschnitten unterteilt worden ist. Wenn  
nur sehr wenige Unterteilungen oder praktisch gar keine vor-  
genommen worden sind, wie es bei einem herkömmlichen Extruder  
der Fall ist, so führt diese Drosselung zu einer "Rückströmung"  
in den Schneckenuten, die sich gegen die angestrebte gleich-  
mäßige Behandlung auswirkt.

- Patentansprüche -

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur kontinuierlichen Mischung mit einem Rotor, der um seine Achse drehbar in einem coaxialen Gehäuse montiert ist, und mit mindestens einer Mischzone, wobei der Rotor eine äußere Schnecke und das Gehäuse eine innere Schnecke haben, sich die Querschnittsflächen der Schneckenuten relativ zueinander in entgegengesetztem Sinne ändern und die Schneckengänge gegenläufig sind, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Schneckengänge in Bezug auf ihre Steigungswinkel in der Weise komplementär zueinander sind, daß ein Steigungswinkel zwischen  $45^\circ$  und  $90^\circ$  liegt, wenn der andere Steigungswinkel zwischen  $0$  und  $45^\circ$  liegt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Summe der Steigungswinkel der Rotorschnecke und der Gehäuseschnecke in derselben Mischzone ungefähr gleich  $90^\circ$  ist.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schnecke mit dem Steigungswinkel zwischen  $45^\circ$  und  $90^\circ$  mehr als acht Gänge aufweist.
4. Vorrichtung zum kontinuierlichen Mischen mit einem Rotor, der um seine Achse drehbar in einem coaxialen Gehäuse montiert ist, und mit mindestens einer Mischzone, wobei der Rotor eine äußere Schnecke und das Gehäuse eine innere Schnecke aufweisen und wobei die Querschnittsflächen der Schneckenuten sich relativ zueinander in entgegengesetztem Sinne ändern, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine kontinuierlich einstellbare Drosselvorrichtung für die Strömung des Mediums.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Drosselvorrichtung mindestens ein Element aufweist, das zur Verengerung der Öffnung radial in eine Verlängerung des Gehäuses bewegbar ist.

- 21 -  
2

2731301

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere, radial bewegbare Elemente zur Verkleinerung der Öffnung und damit zur vorher bestimmten Verkleinerung des Durchflusses vorgesehen sind.

709883/0941

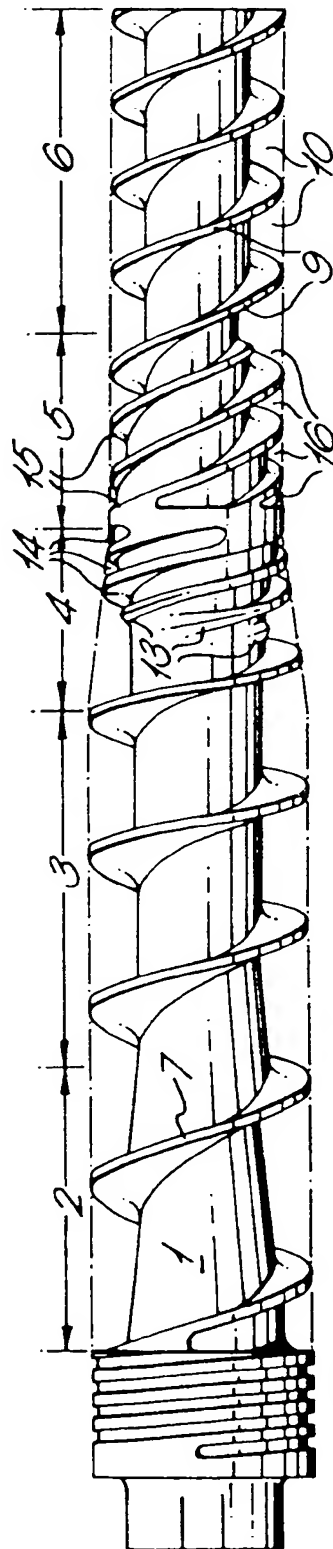


FIG. 3.

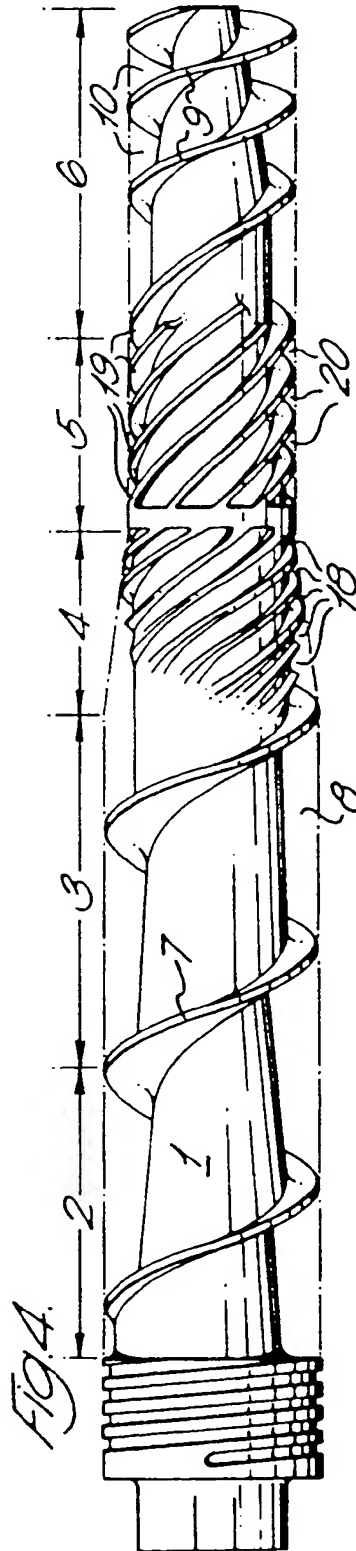


FIG. 4.



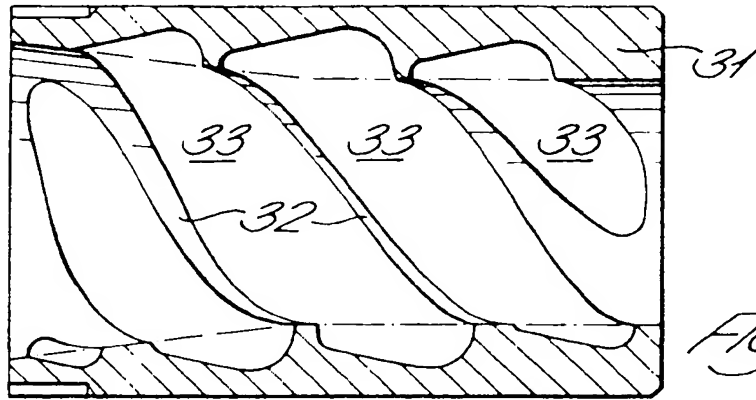


Fig. 5.

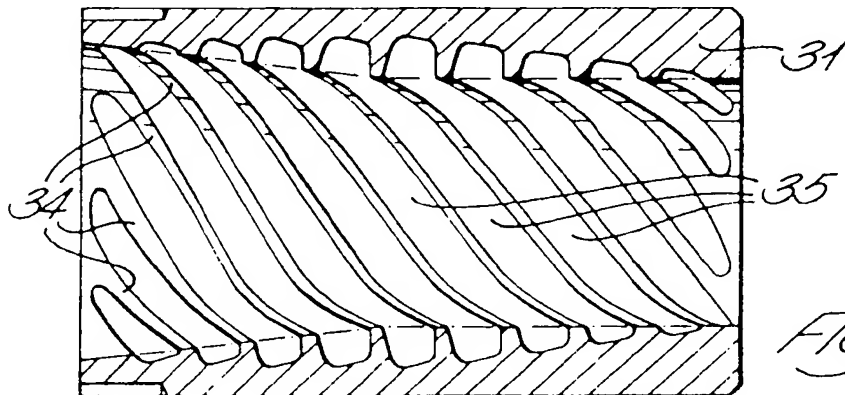


Fig. 6.

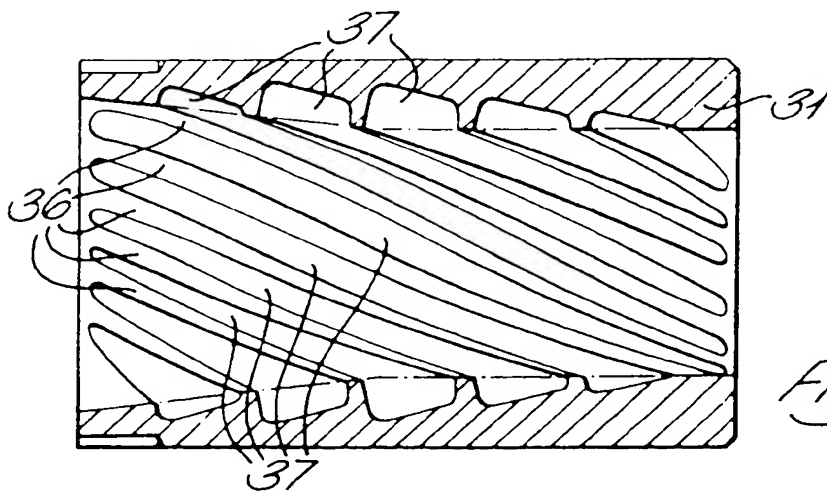


Fig. 7.

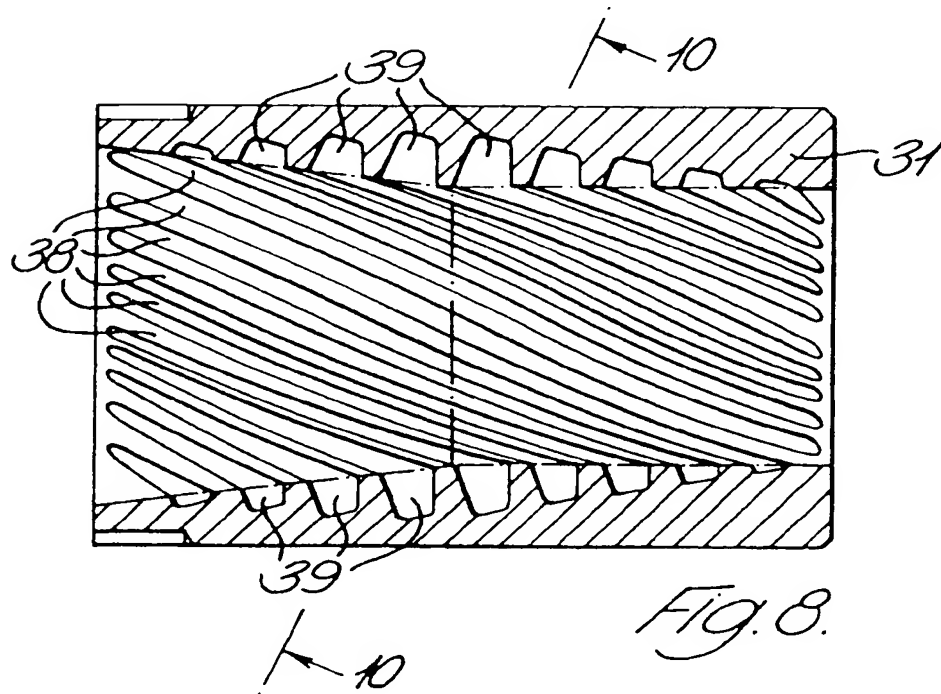


Fig. 9.

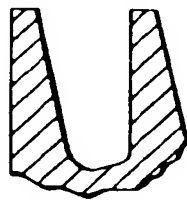


Fig. 10.

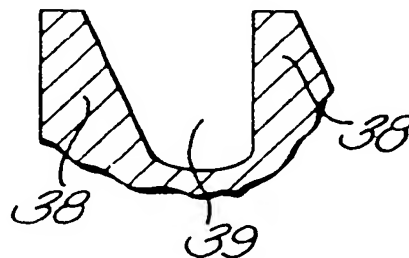


FIG. 11A.

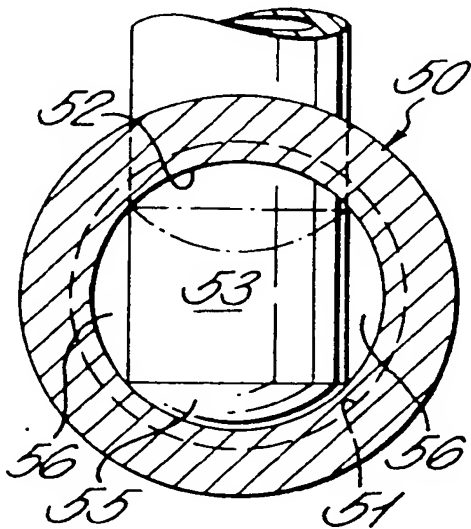


FIG. 11B.

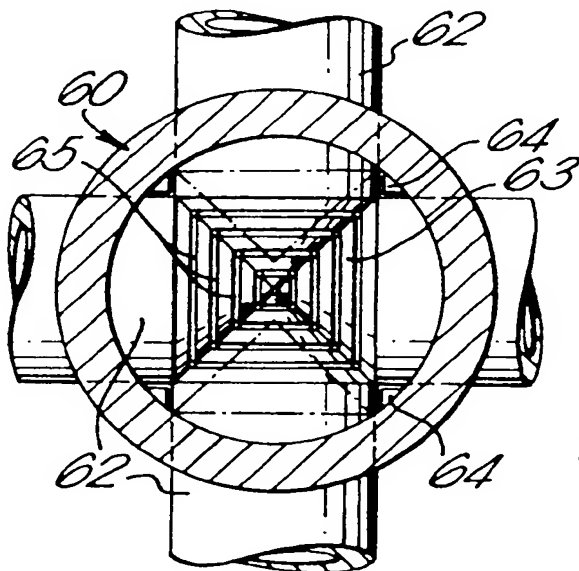
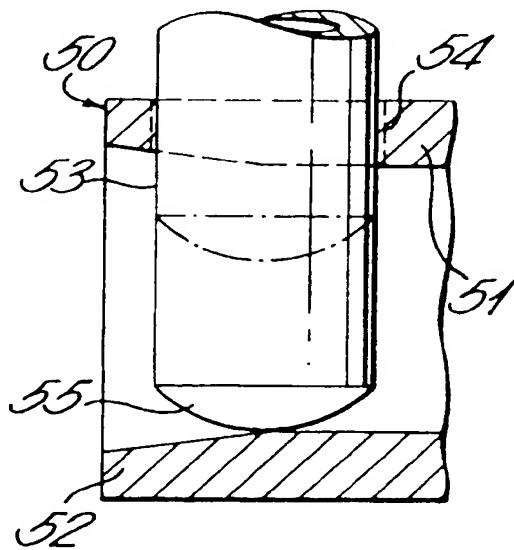


FIG. 12A.

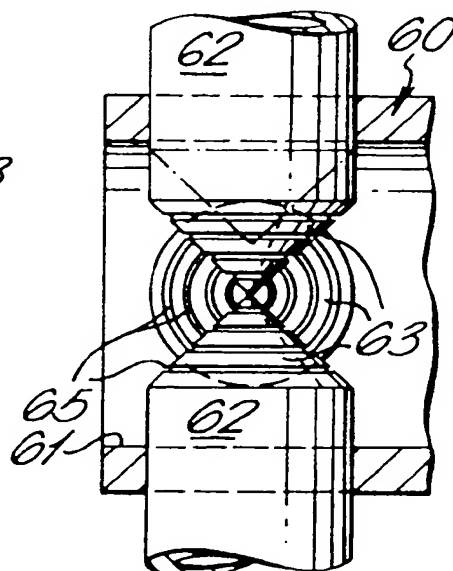


FIG. 12B.

- 27 -

2731301

Nummer:  
Int. Cl. 2:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

27 31 301  
B 01 F 7/24  
11. Juli 1977  
19. Januar 1978

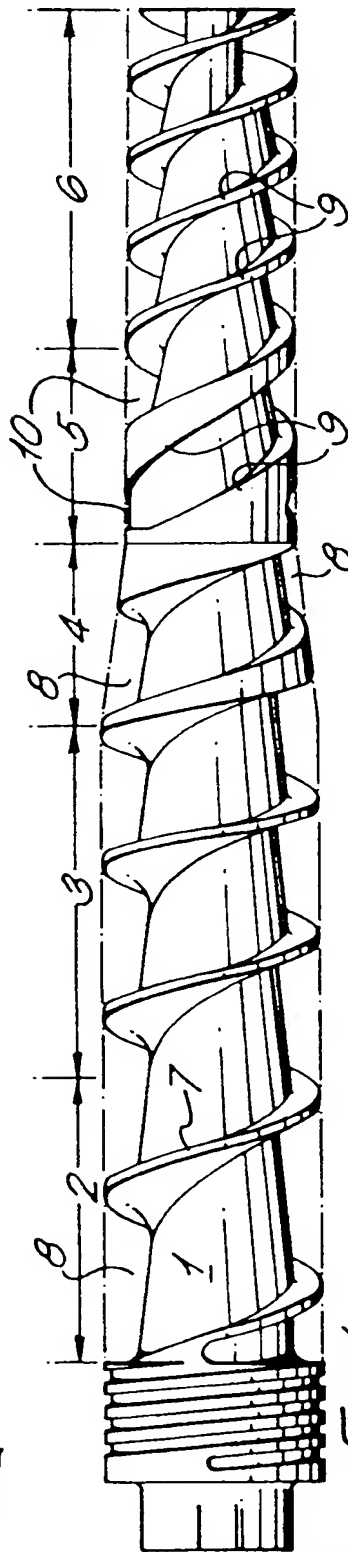


Fig. 1

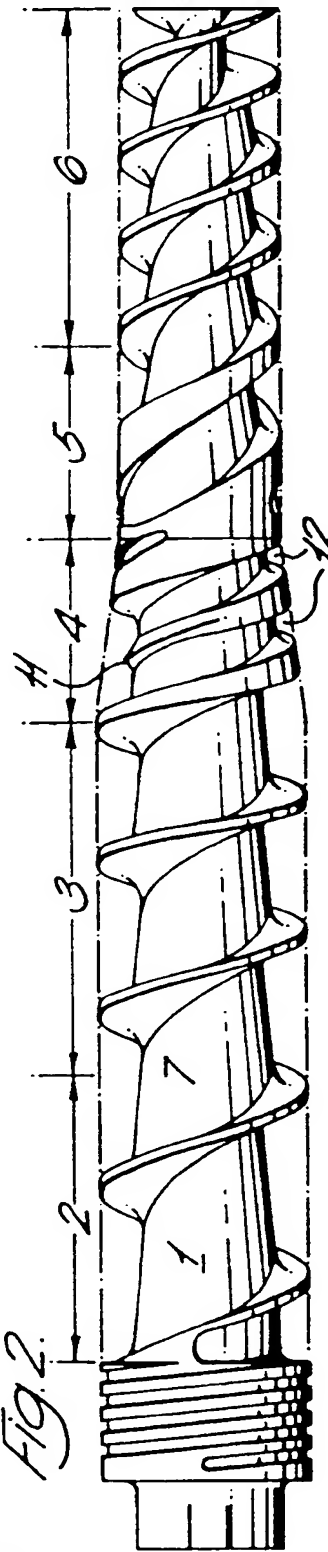


Fig. 2

NACHGERECHT  
# 12/12

709883/0941